

**EnEff:Wärme**

**FW-ZFSV 4.0 - Fernwärmeleitungsbau 4.0 mit  
zeitweise fließfähigen selbstverdichtenden**

**Verfüllbaustoffen für niedrige und hohe  
Betriebstemperaturen**

Schlussbericht zu Arbeitspaket 1.1  
„Identifikation der Schnittstellen“

Herausgeber:

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V

Stresemannallee 30 | D-60596 Frankfurt am Main

E-Mail: [h.huth@agfw.de](mailto:h.huth@agfw.de) | Internet: [www.agfw.de](http://www.agfw.de)

Förderkennzeichen: 03EN3022

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Bearbeitung:

HafenCity Universität Hamburg (HCU)

Henning-Voscherau-Platz 1 | 20457 Hamburg

Telefon: +49 40 42827-5700

E-Mail: [ingo.weidlich@hcu-hamburg.de](mailto:ingo.weidlich@hcu-hamburg.de) | [sven.bueschken@hcu-hamburg.de](mailto:sven.bueschken@hcu-hamburg.de)

Internet: [www.hcu-hamburg.de](http://www.hcu-hamburg.de)

Hinweis:

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter den Förderkennzeichen 03EN2022 (A, B, C, D) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. Trotzdem kann von den Autoren, den Herausgebern und dem Verlag keine Haftung für etwaige Fehler übernommen werden. Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der Herausgeber gestattet.

Dezember 2022

© AGFW, Frankfurt am Main

# Schlussbericht zu AP 1.1

## „Identifikation der Schnittstellen“

**Förderkennzeichen:** FKZ 03EN3022D

**Vorhabenbezeichnung:** EnEff:Wärme: FW-ZFSV\_4.0 –  
Fernwärmeleitungsbau 4.0 mit zeitweise  
fließfähigen selbstverdichtenden  
Verfüllbaustoffen für niedrige und hohe  
Betriebstemperaturen

**Fördermittelgeber:**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Projektpartner:

AGFW - Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH

HCU - HafenCity Universität Hamburg

OTH - Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

GEF Ingenieur AG

# Inhaltsverzeichnis

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| Inhaltsverzeichnis.....                   | 2  |
| 1 Aufgabenstellung .....                  | 3  |
| 2 Aktuelle Trends und Entwicklungen ..... | 3  |
| 3 Erkenntnisse und Empfehlungen .....     | 10 |
| 3.1 Erkenntnisse .....                    | 10 |
| 3.2 Empfehlungen für das Projekt .....    | 10 |
| Literaturverzeichnis .....                | 11 |
| Normen und Regelwerke.....                | 12 |
| Abbildungsverzeichnis.....                | 13 |
| Tabellenverzeichnis.....                  | 13 |

# 1 Aufgabenstellung

Ziel des AP 1.1 ist die Verschneidung der aktuellen Trends in den Betriebsweisen mit innovativen Bettungs- und Verlegetechnologien. Hierzu sind verschiedene Kombinationsszenarien einzeln zu betrachten und deren Anwendbarkeit zu untersuchen. Die Untersuchungen liefern Empfehlungen für die Ausführung aber auch ergänzende Fragestellungen die im Projektablauf Berücksichtigung finden sollen.

## 2 Aktuelle Trends und Entwicklungen

Im Rahmen der Aufgabenstellung wurden folgende Trends und Entwicklungen recherchiert, für die eine Verschneidung mit innovativen Bettungs- und Verlegetechnologien interessant ist:

- Absenkung der Betriebstemperaturen
- Erneuerbare statt fossile Wärmeerzeuger
- Reduktion des Wärmebedarfs
- Doppelrohrsysteme
- Flexible Rohrleitungen
- Verwendung von Recyclingbaustoffen im Rohrgraben

Nachfolgend wird auf diese eingegangen.

Ein aktueller Trend ist es, die **Betriebstemperaturen** in den Wärmenetzen abzusenken [LUND et al. 2014, SCHMIDT et al. 2014, Dalla Rosa 2012]. Das Verfahren eröffnet neue Chancen erneuerbare Wärmequellen mit niedrigeren Temperaturen für die Energieversorgungssysteme, insbesondere die leitungsgebundene Wärmeverteilung zu erschließen und gleichzeitig die Wärmeverluste zu minimieren. Hierdurch kann der Anteil erneuerbarer Energie im Gesamtsystem erhöht werden und die Effizienz des Gesamtsystems verbessert werden. Diese Zusammenhänge greift das BMWK in der Förderrichtlinie für effiziente Wärmenetze mit der Absicht auf, die Realisierung der Dekarbonisierung von Wärmenetzen in Deutschland in Einklang mit den politischen Klimazielen zu bringen [BMWK 2022]. Dabei werden Rahmenbedingungen für die Förderfähigkeit neuer Wärmenetze sowie für Maßnahmen zur Transformation bzw.

Dekarbonisierung von Bestandsnetzen beschrieben. Für den Neubau von Wärmenetzen ist die maximale Vorlauftemperatur auf 95 °C<sup>1</sup> begrenzt. Für Bestandsnetze legt die Richtlinie keine Zieltemperatur fest, beschreibt aber die notwendigen Schritte zur Temperaturabsenkung und setzt außerdem für eine Förderfähigkeit fest, dass eine Bewertung und Begründung der Betriebstemperatur erfolgen muss [BMWK 2022].

Neben der Absenkung der Betriebstemperaturen und der **Substitution fossiler Wärmeerzeugungsanlagen**, sind noch weitere Maßnahmen notwendig um die nationalen Klimaziele zu erreichen. Als weitere Trends, die zur Erreichung der Klimaziele erforderlich sind, werden der Ausbau des Anteils der Fernwärmeerzeugung in Deutschland, die **Reduktion des Wärmebedarfs** durch Modernisierung der Gebäude bzw. Kundenanlagen und die Erhöhung von Messpunkten im Wärmenetz (Digitalisierung) angesehen [AGFW et al. 2022/UrbanTurn].

Darüber hinaus eröffnen die geringeren **Betriebstemperaturen** im System neue Möglichkeiten im Fernwärmeleitungsbau, da diese mit geringeren Belastungen des Rohrnetzes einhergehen [WEIDLICH 2016]. Dies ermöglicht einerseits den Einsatz der Kaltverlegung, andererseits den Einsatz von innovativen Rohrsystemen. (Tabelle 1)

Wärmenetze mit niedrigen Betriebstemperaturen kommen bereits seit einigen Jahren im ländlichen Raum zum Einsatz. Diese Entwicklung führte aus Gründen der Wirtschaftlichkeit auch zu einer Weiterentwicklung der Rohrsysteme. Bei Betriebstemperaturen unter 90°C existieren, neben dem Standard-KMR (Kunststoffmantelrohr) nach EN 253, eine Vielzahl weiterer Rohrtypen anderer Materialien. **Doppelrohrsysteme** bei denen Vor- und Rücklauf in einer Ummantelung eingeschäumt werden, können als Trend an dieser Stelle hervorgehoben werden [KRAFT et al. 2019]. Weiterhin wurden für das Überwinden von Hindernissen **flexible Rohrleitungen** entwickelt, die heute aufgetrommelt in großen Stücklängen an die Baustelle transportiert werden können. Abbildung 1 verdeutlicht durch eine Prinzipskizze die typischen Randbedingungen möglicher Systeme des Wärmeleitungsbaus, wobei innovative Systeme zum Beispiel statische Vorteile bei Hindernissen bieten oder kleinere Grabenbreiten erlauben.

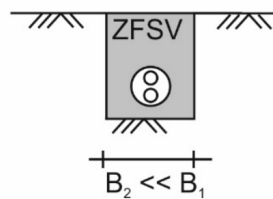
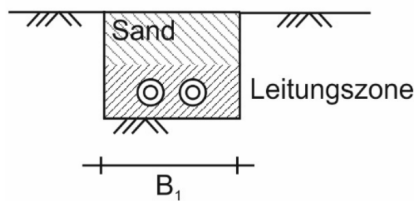
---

<sup>1</sup> „Ausgenommen von der Temperaturanforderung sind Fälle, in denen eine klimaschonende Wärmequelle auf hohem Temperaturniveau ganzjährig vorliegt und durch die Temperaturabsenkung keine wesentliche Erhöhung der Ausnutzung der Wärmequelle realisiert werden kann.“ [BMWK 2022, S. 5]

### Querschnitt

Systeme, konventionell verlegt

Innovative Systeme



### Grundriss

Starre Systeme, vor Ort geschweißt

Flexible Systeme, vor Ort gebogen

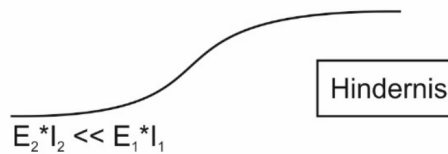
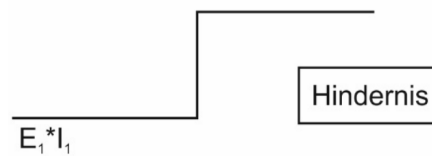


Abbildung 1: Prinzipskizzen der Verlegemethoden konventioneller und innovativer Systeme

Die geschilderten, sich verändernden Randbedingungen für Wärmenetze ermöglichen die Kombinationen dieser vielen verschiedenen Rohrsysteme mit **zeitweise fließfähigen selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV)**. Eine schnelle, effiziente und flexible Bauweise wird dann mit modernen und innovativen Rohrsystemen verbunden.

### Schnittstellenbetrachtung und Kombinationsszenarien

Mögliche Kombinationen zwischen der innovativen Einbau- und Bettungstechnologie mit ZFSV und den Rohrsystemen sind in Tabelle 1 dargestellt. Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich der auf dem Markt existierenden Rohrsysteme. Die wesentlichen verfügbaren Systeme sind aber enthalten, sodass davon ausgegangen werden kann, dass der Überblick repräsentativ ist. Spalte 4 gibt Hinweise zum Umgang mit ZFSV und den Rohrsystemen. Es wird nicht auf die allgemeinen technischen und wirtschaftlichen Vor- und Nachteile der jeweiligen Rohrtypen eingegangen. Details hierzu können u.a. dem AGFW Regelwerk FW 420 [AGFW et al. 2011] entnommen werden.

Tabelle 1: Zusammenstellung möglicher Kombinationsszenarien

| Nr. | Temperaturniveau           | Rohrsystem                                                                                | Kombination mit ZFSV                                                                                                                              | Innovationsgrad  |
|-----|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| (1) | $\geq 120^{\circ}\text{C}$ | Einzelrohr, KMR<br><br>DIN EN 253:2020-03                                                 | Lösung 1: Statik an die Materialeigenschaften des ZFSV anpassen.<br><br>Lösung 2: In der Leitungszone des Gleitbereichs weiterhin Sand verwenden. | niedrig          |
| (2) | $\geq 120^{\circ}\text{C}$ | Doppelrohr, KMR<br>(Stahlmediumrohre)<br><br>DIN EN 15698-1:2020-04                       | Wie (1), Stege zwischen VL und RL sind nachzuweisen.<br>Achtung: Scherspannung zw. VL und RL                                                      | mittel / niedrig |
| (3) | $\leq 120^{\circ}\text{C}$ | Flexible Systeme, Flexrohre mit<br>Stahl-/ Kupfermediumrohr (glatt)<br><br>DIN EN 15632-4 | Wie (1), bei Stahl-/Kupferflex ist auf andere Parameter des Schaumes und Materialeigenschaften des Mediumrohrs zu achten.                         | mittel           |
| (4) | $\leq 120^{\circ}\text{C}$ | Flexible Systeme, Stahlmediumrohr<br>(flexibel, gewellt)<br><br>DIN EN 15632-1            | Wie (1), bei Stahlflex ist auf andere Parameter des Schaumes und die Stahleigenschaften zu achten.                                                | mittel           |
| (5) | $\leq 120^{\circ}\text{C}$ | Doppelrohr KMR<br>(Stahlmediumrohre)<br><br>DIN EN 15698-1:2020-04                        | Wie (1), Stege zwischen VL und RL haben geringere Bedeutung, könnten ggf. weggelassen werden. Sonst wie (2)                                       | mittel / hoch    |

|     |        |                                                                                |                                                                                                                                                                |               |
|-----|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| (6) | ≤ 90°C | Flexible Systeme, Stahlmediumrohr<br>(flexibel, gewellt)<br><br>DIN EN 15632-1 | Selbstkompensierend, daher in Abstimmung mit dem Hersteller frei von Statik, Wärmeverluste betrachten.                                                         | mittel / hoch |
| (7) | ≤ 90°C | PMR-Systeme, starr/ flexibel<br><br>DIN EN 15632-2 und DIN EN 15632-3          | Wie (6), Wasserdampfdiffusion beachten. Ggfs. Sperrfolie vorsehen.<br><br>Vorteile können sich ergeben, da ZFSV deutlich wasserundurchlässiger sind als Sande. | mittel / hoch |
| (8) | ≤ 90°C | PMR-Doppelrohrsysteme,<br>starr/flexibel<br><br>DIN EN 15632                   | Wie (6), außerdem keine Stege und Verbindung mit Pressverbindern möglich > hierdurch schnelle Verlegung                                                        | hoch          |

Ein weiterer Trend ist die **Verwendung von Recyclingbaustoffen** im Rohrgraben. Dies ist von den Rohrsystemen unabhängig zu betrachten, weshalb dieser Trend nicht gesondert in die Schnittstellenbetrachtung aufgenommen wird. Eine detaillierte Untersuchung findet im Rahmen des AP4.1 - Entwicklung von ZFSV-Mischungen aus recycelten Baustoffen statt [WEIDLICH 2022].

Zusammenfassend kann erstens festgestellt werden, dass die rohrstatischen Aufgaben mit sinkender Betriebstemperatur an Bedeutung verlieren. Das Verlegekonzept ohne Vorwärmung und ohne Überschreitung der Stahlrohrstreckgrenze durch die Begrenzung der Temperaturdifferenz zwischen Verlegetemperatur (z. B. 10°C) und maximaler Betriebstemperatur (z. B. 85°C) auf 75 K belegt diese Aussage [AGFW et al. 2021]. Trotzdem kann es bei diesem Verlegekonzept in Formteilen wie bspw. an Abzweigen, Armaturen oder 90°-Bögen sowie aufgrund der Trassenführung notwendigen Richtungsänderungen zu Biegemomenten und -spannungen in Folge temperaturbedingter Dehnungen im Stahlmediumrohr entsprechender Bauteile kommen, deren Zulässigkeit durch statische Nachweise geprüft werden müssen. Eine belastbare Untersuchung und Festlegung ab welcher Betriebstemperatur auf eine Statik komplett verzichtet werden kann ist bisher nicht erfolgt. Interessant wäre vor allem eine temperaturabhängige Auswahl der zu erbringenden Nachweise. Aus dem Bereich der Haustechnik wurde von Experten berichtet, dass eine Absenkung der Betriebstemperatur/Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz auf 70°C ausführbar ist. In Abhängigkeit lokaler Randbedingungen sind Absenkungen von Netztemperaturen anhand technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte zu prüfen und zu beurteilen.

Zweitens ist festzuhalten, dass mit niedrigeren Temperaturen in den Verteilnetzen die Wärmenetzverluste sinken und die Reduktion der Wärmeverluste bzw. die damit verbundene Steigerung der Effizienz des Wärmenetzes ein wichtiges Kriterium für die Erreichung der deutschen Klimaziele bilden. Sofern in bestehenden Wärmenetzen oder auch in neuen Wärmenetzen die Temperaturspreizung zwischen Vorlauf- und Rücklauftemperatur abnimmt bzw. auf geringem Niveau begrenzt ist (z. B. durch die Netzzücklauftemperatur > 55°C), gewinnt in diesen Wärmenetzen die Untersuchung der Wärmeverluste an Bedeutung. Je geringer die transportierten Wärmemengen sind, desto wichtiger ist, dass möglichst wenig Wärme verloren geht. Einfache Gegenüberstellungen, z.B. mit dem erforderlichen Pumpenstrom für die Förderung des FW-Wassers, können helfen die energetische Bilanz einzuschätzen. Neben der Betriebsweise des Wärmenetzes und der verwendeten Rohrsysteme mit optimierter Wärmedämmung können auch Bettungsmaterialien die Transportverluste des Wärmenetzes reduzieren. Daher sind weiterführende Untersuchungen erforderlich. Bei der Verwendung von ZFSV sind Informationen zur Wärmeleitfähigkeit dieses

Bettungsmaterials erforderlich. Dies ist Gegenstand von AP 4.6. Gleichmaßen sind die besonderen Eigenschaften der unterschiedlichen Rohrsysteme nach Tabelle 1 zu beachten.

### **3 Erkenntnisse und Empfehlungen**

Aus den obigen Ausführungen können folgende Erkenntnisse und Empfehlungen für das Projekt und generell abgeleitet werden.

#### **3.1 Erkenntnisse**

1. ZFSV lassen sich mit allen klassischen und innovativen Rohrsystem- und Verlegetechnologien kombinieren.
2. Als besonders innovativ können, die Verlegetechnologien mit Doppelrohren in ZFSV (vgl. Tabelle 1) angesehen werden.
3. Die Bedeutsamkeit der statischen Nachweisführung nimmt bei höherer Temperatur zu, während die Bedeutsamkeit an die Genauigkeit der Berechnung der Wärmeverluste mit abnehmender Temperatur zunimmt.

#### **3.2 Empfehlungen für das Projekt**

1. Aufgrund der großen Anteile von Bestandsnetzen in Deutschland mit Auslegungs- bzw. Betriebstemperaturen  $>110\text{ °C}$  sollte eine verständliche Methode entwickelt werden, mit der die Rohrstatik zuverlässig erstellt werden kann. Hierfür sind Zielkorridore für statische Berechnungsparameter wünschenswert, da die Rohrstatik in der Regel vor dem Bau durchgeführt wird und selten aus ablauftechnischen Gründen noch einmal angepasst werden kann. Die Erstellung einer Beispielrechnung in Anlehnung an die im Regelwerksbaustein FW 401-Teil10:2021 enthaltene Beispiele für konventionelle Sandbettung wird für ZFSV als zielführend angesehen. Die oben genannten statischen Berechnungsparameter sind Anforderungen an die Materialeigenschaften des ZFSV.
2. Es wird empfohlen den typischen Prozess im Fernwärmeleitungsbau zu eruieren und zu visualisieren (Flow-Chart). Die Fragen, wann die Rohrstatik erstellt wird und wann diese im Prozess ggfs. nochmal überarbeitet werden könnte (ZFSV-Iteration), müssen beantwortet werden. Hintergrund ist, dass die Verfüllung mit Sand oder ZFSV zu unterschiedlichen Auslegungsergebnissen führt. Gleiches gilt für die Wärmeverluste.
3. Für niedrige Betriebstemperaturen sollten die Wärmeverluste in Bandbreiten ermittelt und definiert werden. Dies kann zunächst nach Norm geschehen und könnte mit FEM-Analysen z.B. für Formteile ergänzt werden (vgl. auch [MADAN et al. 2021]). Wichtig

ist hierbei die richtige Einschätzung der Wärmeleitfähigkeit und Wärmespeicherkapazität von ZFSV.

4. Abschließend könnten Aussagen zu den Erfordernissen der vielen unterschiedlichen Nachweise für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Fernwärmenetzen in Abhängigkeit der Betriebstemperatur in Kombination mit der Verwendung von ZFSV getroffen werden.

Die Bearbeitung der Empfehlungen benötigt die Festlegung von typischen Verlegefiguren. Es sollten hierfür kleinste und größte Durchmesser auf Basis der Erfahrung des Konsortialpartners GEF definiert werden und dazu drei Verlegetiefen. Anhand der DIN 4124 können dann die Geometrien repräsentativer Grabenquerschnitte definiert werden.

## Literaturverzeichnis

- » [KRAFT et al. 2019] Kraft S., Tödter J., Narten M. (2019) „Entwicklung empirischer Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmeverluste von werkmäßig gedämmten Doppelrohrsystemen auf Grundlage messtechnischer Verfahren“, AiF-Schlussbericht zu IGF-Vorhaben Nr. 1 EWN, Fernwärme Forschungsinstitut in Hannover e.V.
- » [MADAN et al. 2021] Madan V., Weidlich I. "Investigation on relative heat losses and gains of heating and cooling networks". Conference of Environmental and Climate Technologies (CONNECT). 12-14 May 2021, Riga, Latvia
- » [LUND et al. 2014] Lund H., Werner S., Wilthire R., Svendsen S., Thorsen J.E., Hvelplund F., Mathiesen B.V., "4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems", Energy 68, 1-11, Elsevier. 2014
- » [SCHMIDT et al. 2014] D. Schmidt, A. Kallert, M.Blesl, S. Svendsen, N. Nord and K. Sipilä, "Low temperature district heating for future energy systems", The 14th International Symposium on District Heating and Cooling, September 7th to September 9th , Stockholm, 2014
- » [Dalla Rosa 2012] Dalla Rosa, A., Boulter, R., Church, K., Svendsen, S.: District heating (DH) network design and operation toward a system-wide methodology for optimizing renewable energy solutions (SMORES) in Canada: A case study, Energy 45, 2012.
- » [WEIDLICH 2016] Weidlich I., "Sensitivity analysis on the axial soil reaction due to temperature induced pipe movements", DHC2016, the 15th International Symposium on District Heating and Cooling, September 4th to September 7th, 2016, Seoul, South Korea

- » [WEIDLICH 2022] Büschken, S., Technisches Infrastrukturmanagement Einblicke - Nachhaltigkeit im Tiefbau – zeitweise fießfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe unter Verwendung von Recycling-Material”
- » [BMWK 2022] Förderrichtlinie BEW, Stand 01.08.2022, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz „Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ „BEW“, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/09/20220915-booster-fur-grune-fernwarne-bundesforderung-fur-effiziente-warmenetze-bew-startet.html>, Zugriff am 28.11.2022
- » [AGFW et al. 2022a] Kühne, J., Roth, T., Schwabe, G., Heiler, D., Pauschinger, T., „AGFW-Empfehlungen zur Erstellung eines Transformationsplanes nach BEW“ (Arbeitsentwurfsfassung)
- » [AGFW et al. 2022b] Hay, S., Heiler, D., Kallert, A., Lottis, D., Ziegler, R., Weidlich, I., Dollhopf, S., „Fernwärmenetze im Kontext nationaler Klimaziele: Potenziale für UrbanTurn“

## Normen und Regelwerke

- » [AGFW et al. 2011] AGFW e.V. Regelwerk FW 420, Teil 1-5: Fernwärmeleitungen aus flexiblen Rohrsystemen
- » [AGFW et al. 2021] AGFW e. V. Regelwerk FW 410, Teil 10: Kunststoffmantelrohre als Verlegesystem der Fernwärme Grundlagen der rorstatischen Auslegung
- » DIN 4124:2012-01 - Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- » DIN EN 253:2020-03 - Fernwärmerohre - Einzelrohr-Verbundsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Werkmäßig gefertigte Verbundrohrsysteme, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, einer Wärmedämmung aus Polyurethan und einer Ummantelung aus Polyethylen; Deutsche Fassung EN 253:2019
- » DIN EN 15632-1:2015-03 - Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme - Teil 1: Klassifikation, allgemeine Anforderungen und Prüfungen; Deutsche Fassung EN 15632-1:2009+A1:2014
- » DIN EN 15632-2:2015-03 - Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme - Teil 2: Verbundsysteme mit Mediumrohren aus Kunststoff - Anforderungen und Prüfungen; Deutsche Fassung EN 15632-2:2010+A1:2014
- » DIN EN 15632-3:2015-03 - Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme - Teil 3: Nicht-Verbundsysteme mit Mediumrohren aus Kunststoff - Anforderungen und Prüfungen; Deutsche Fassung EN 15632-3:2010+A1:2014
- » DIN EN 15632-4:2009-10 - Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme - Teil 4: Verbundsystem mit Mediumrohren aus Metall - Anforderungen und Prüfungen; Deutsche und Englische Fassung EN 15632-4:2009

- » DIN EN 15698-1:2020-04 - Fernwärmerohre - Verbundmanteldoppelrohre für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Teil 1: Werkmäßig hergestelltes Verbund-Doppelrohrsystem, bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und einem Mantel aus Polyethylen; Deutsche Fassung EN 15698-1:2019

## **Abbildungsverzeichnis**

|                                                         |   |
|---------------------------------------------------------|---|
| Abbildung 1: Prinzipskizzen der Verlegungsmethoden..... | 5 |
|---------------------------------------------------------|---|

## **Tabellenverzeichnis**

|                                                                  |   |
|------------------------------------------------------------------|---|
| Tabelle 1: Zusammenstellung möglicher Kombinationsszenarien..... | 6 |
|------------------------------------------------------------------|---|

**Nachhaltige  
Sektordurchdringung von  
ZFSV als Bettungsmaterial im  
Fernwärmeleitungsbau**

[www.agfw.de](http://www.agfw.de)



**Bestellen Sie online  
unter [shop.agfw.de](http://shop.agfw.de)!**

ZFSV Leitungsbau Branchentre  
innovativen Bettungstechnologie  
Leitungsbau Branchentrends i  
innovativen Bettungstechnologie  
ZFSV Leitungsbau Branchentre  
innovativen Bettungstechnologie  
Leitungsbau Branchentrends i  
innovativen Bettungstechnologie  
ZFSV Leitungsbau Branchentre  
innovativen Bettungstechnologie  
Leitungsbau Branchentrends i  
innovativen Bettungstechnologie  
ZFSV Leitungsbau Branchentre  
innovativen Bettungstechnologie